

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 6 月 2 日

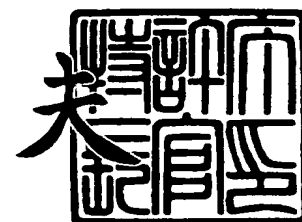
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 5 6 0 9 4
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 5 6 0 9 4]

出 願 人
Applicant(s): リコー光学株式会社

2 0 0 4 年 1 月 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JP-336

【提出日】 平成15年 6月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/24

【発明の名称】 微細表面構造をもつ物品の製造方法、並びに金型及びその製造方法

【請求項の数】 13

【発明者】

 【住所又は居所】 岩手県花巻市大畑第 1 0 地割 1 0 9 番地 リコー光学株式会社内

 【氏名】 梅木 和博

【特許出願人】

 【識別番号】 000115728

 【氏名又は名称】 リコー光学株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100085464

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 野口 繁雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 037017

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 0003209

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 微細表面構造をもつ物品の製造方法、並びに金型及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 以下の工程（A）から（F）を備えて表面に凸状又は凹状の微細構造をもつ物品を製造する製造方法。

（A）最終目的とする前記微細構造の大きさを縮小した構造を表面に有するプレ構造を最終製品材料に製作する工程、

（B）最終目的とする前記微細構造にほぼ一致した大きさで、前記微細構造とは凹凸を反転した微細形状を表面に有する金型の表面に離型処理を施す工程、

（C）離型処理の施された前記金型の表面と前記プレ構造を製作した最終製品材料の表面との間に硬化可能な樹脂を介して前記金型に最終製品材料を押し当て、前記金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写する工程、

（D）工程（C）における転写後の前記樹脂を硬化させる工程、

（E）工程（D）で硬化した後の前記樹脂を最終製品材料に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、及び

（F）工程（E）の後に前記最終製品材料上に存在する前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記最終製品材料に転写する工程であって、前記プレ構造を最終目的構造の大きさに拡大するドライエッチング条件で転写する工程。

【請求項 2】 前記工程（F）の転写工程は、前記樹脂層の最大厚さを最終製品材料に転写する請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 3】 前記工程（F）の転写工程は、選択比を変化させるドライエッチング条件の変更を含んでいる請求項 1 又は 2 に記載の製造方法。

【請求項 4】 選択比の変化は経時的な変化も含む請求項 3 に記載の製造方法。

【請求項 5】 前記硬化可能な樹脂は紫外線硬化型樹脂であり、前記最終製品材料及び金型の一方又は両方は紫外線透過性材料であり、前記工程（D）の硬化工程は紫外線照射を含む請求項 1 から 4 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 6】 前記金型はドライエッチング可能な金型母材の表面にリソグラフィとドライエッチングにより前記微細形状を形成したものである請求項 1 から 5 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 7】 前記金型は、金型母材が平面基板であり、その平面状の表面に前記微細形状を形成したものである請求項 6 に記載の製造方法。

【請求項 8】 前記樹脂が硬化する際の収縮量を予め求めておき、
前記工程（F）の転写工程で最終製品材料にドライエッチングにより微細形状を転写する際にはその収縮量を見込んで微細形状を深く形成するように補正するようにドライエッチング条件を設定する請求項 1 から 7 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 9】 前記工程（C）で金型表面に樹脂を介して最終製品材料を押し当てる際、樹脂と前記最終製品材料表面との間に両者の密着性を向上させるプライマー表面処理を施しておく請求項 1 から 8 のいずれかに記載の製造方法。

【請求項 10】 前記工程（A）のプレ構造の製作は、以下の工法のいずれかである請求項 1 から 9 のいずれかに記載の製造方法。

①サンドブラスト法、②ドライエッチング法、③ウエットエッチング法、④ダイシング法、⑤研削法、⑥切削法、⑦成膜法（真空蒸着、スパッタリング、CVD など）、⑧ゾルーゲル法、及び⑨ガラス接合法。

【請求項 11】 以下の工程（a）から（c）を含む転写用金型の製造方法。

- （a）金型母材料表面上に感光性材料を塗布する工程、
- （b）前記感光性材料に濃度分布マスクを使用して露光し、次いで現像して前記感光性材料に所望形状を形成する工程、及び
- （c）前記感光性材料の形状をドライエッチング法によって前記金型母材料に転写する工程。

【請求項 12】 以下の工程（a）から（e）を含む転写用金型の製造方法。

- （a）他の金型の表面に離型処理を施す工程、
- （b）離型処理の施された前記金型の表面と金型母材料の表面との間に硬化可

能な樹脂を介して前記金型に金型母材料を押し当て、前記金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写する工程、

(c) 工程 (b) における転写後の前記樹脂を硬化させる工程、

(d) 工程 (c) で硬化した後の前記樹脂を前記金型母材料に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、及び

(e) 工程 (d) の後に前記金型母材料上に存在する前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記金型母材料に転写する工程。

【請求項 1 3】 最終目的とする微細構造にはほぼ一致した大きさで、前記微細構造とは凹凸を反転した微細形状を表面に有し、最終製品材料表面との間に硬化性樹脂を介して対向して張り合わされる金型において、

前記樹脂が硬化する際の収縮に伴う体積減少分を周囲の樹脂から供給するための流路を形成するための凸部を備えていることを特徴とする金型。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、表面に微細加工を施すことによって、光学的機能、機械的機能又は物理的機能を発現する製品の製造や加工に関するものである。このような微細加工は、例えば M L A (マイクロレンズアレイ)、回折光学素子、偏向光学素子、屈折光学系素子、複屈折光学素子、光ファイバー系光学素子、ビームスプリッター等の光学素子の製造に利用することができ、特に外形寸法が 1 0 mm 以下の光学素子の製造に利用するのに適する。また、この方法は、マイクロマシニング、機械摺動部品 (自動車用エンジン、エアコン用コンプレッサーなど) の表面処理方法など、幅広い産業分野に応用・利用可能である。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

A) リソグラフィ技術を用いたマルチレベル素子の作製方法として、M 枚のマスクを使って (M - 1) 回のプロセスで $N = 2^M$ レベルのステップ状の位相分布を持つ素子を作製する方法が提案されている (非特許文献 1 参照)。

【0 0 0 3】

B) 電子ビーム、レーザービームやイオンビーム等を用いた直接描画法と光リソグラフィとドライエッチング技術を組み合わせた方法も提案されている（非特許文献2参照）。

【0004】

C) 濃度分布マスク法によって感光性材料層上に目的の三次元構造を製作し、この形状を最終製品材料にドライエッチングで転写することが提案されている（特許文献1参照）。濃度分布マスクとは、面内のパターンだけでなく、膜厚方向にも透過率分布をもったマスクである。

【0005】

D) あらかじめ金型を製作しこの形状を樹脂転写によって製品材料表面に転写すること、及びその転写後の樹脂形状を最終製品材料にドライエッチングで転写することが提案されている（特許文献2参照）。

【0006】

【非特許文献1】

「光技術コンタクト」誌、Vol.38, No.5 (2000) P.42~51、特にP.45

【非特許文献2】

「応用物理」誌、第68巻第6号(1999)、P.633~638

【特許文献1】

特開 2001-356470 号公報

【特許文献2】

特開 2002-192500 号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

Aの方法では、マスク枚数が多く必要であること、アライメント回数が多くその誤差が無視できないこと、深さ方向のエッチング誤差が無視できないこと、最小ライン幅は $1\mu\text{m}$ 程度が限界であること、等が問題である。

【0008】

Bの方法では、高精度な制御技術を有する装置が必要で、装置が高価であること、描画に時間が非常にかかり（ $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ の正方形で10~15

時間程度)、量産性が全くない、再現性に乏しい、等の問題があり、実用化された例はない。

【0 0 0 9】

高精度の表面 3 次元構造を再現性よく製作するという課題に対しては、上記の C の方法と D の方法はよくその課題を達成することができる。また、金型を使用して転写する D の方法は、製造コストを低下させる利点も備えている。

【0 0 1 0】

本発明は、上の D の方法の改良に係り、三次元構造物の高さを高くすることを容易にすることを目的とするものである。三次元構造物の高さを高くすることは、光学レンズの場合であればその開口数 (NA) を大きくして、レンズを明るくすることを意味している。

本発明はまた、金型の寿命を長くすることも目的としている。

【0 0 1 1】

【課題を解決するための手段】

本発明は、以下の工程 (A) から (F) を備えて表面に凸状又は凹状の微細構造をもつ物品を製造する製造方法である。

(A) 最終目的とする前記微細構造の大きさを縮小した構造を表面に有するプレ構造を最終製品材料に製作する工程、

(B) 最終目的とする前記微細構造にほぼ一致した大きさで、前記微細構造とは凹凸を反転した微細形状を表面に有する金型の表面に離型処理を施す工程、

(C) 離型処理の施された前記金型の表面と前記プレ構造を製作した最終製品材料の表面との間に硬化可能な樹脂を介して前記金型に最終製品材料を押し当て、前記金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写する工程、

(D) 工程 (C) における転写後の前記樹脂を硬化させる工程、

(E) 工程 (D) で硬化した後の前記樹脂を最終製品材料に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、及び

(F) 工程 (E) の後に前記最終製品材料上に存在する前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記最終製品材料に転写する工程であって、前記プレ構造を最終目的構造の大きさに拡大するドライエッチング条件で転写す

る工程。

【0012】

目的基板上に微細形状を製作する方法は種々あるが、ドライエッチング法で製作する場合、目的とする形状の高さが高いほど製作は難しくなる。その理由は、高さが高くなるほどエッチング量が多くなり、これに伴って加工時間が長くなり高精度形状製作が加工時間に指数関数的に比例して難しくなる為である。そこで、本発明では、目的とする形状にほぼ近い構造を有する微細形状をもつプレ構造を予め製作し、ドライエッチングの加工時間を相対的に短縮する。

【0013】

また金型を製作する方法は種々あるが、これも目的とする形状の高さが高いほど製作は難しくなる。そこで、本発明では、目的とする形状にほぼ近い構造を有する微細形状をもつ金型を製作する。そして、その後のドライエッチングによる転写工程で高さを高くするように条件を設定することにより、最終目的構造の形状の高さは金型の形状よりも高くなる。

【0014】

本発明で樹脂に転写するために用いる金型は、基になる金型から樹脂転写を経て形成された中間金型も含んでいる。

本発明では、金型又は中間金型の表面を離型処理するので、樹脂が金型又は中間金型から容易に剥離する。また、これにより、金型及び中間金型の寿命が伸び、かつ転写性が向上する。

また、プレ構造と金型とは、予め初期に設けられた位置合わせ用のトンボと称されるマークで位置合わせし、光学軸が合致するように製作する。

【0015】

【発明の実施の形態】

プレ構造は最終的な製品に比べて微細構造の精度は要求されない。そのため、種々の方法により形成することができる。その方法を例示すれば、次の通りである。①サンドブラスト法、②ドライエッチング法、③ウェットエッチング法、④ダイシング法、⑤研削法、⑥切削法、⑦成膜法（真空蒸着、スパッタリング、CVDなど）、⑧ゾルーゲル法、⑨ガラス接合法などである。このうち、サンドブ

ラスト法とウエットエッチング法は実施例で詳述する。ドライエッチング法はリソグラフィとドライエッチングにより基板表面にプレ形状を形成する方法である。ダイシング法、研削法及び切削法は基板表面を機械的に加工してプレ形状を形成する方法である。成膜法は基板から離れた位置にマスクを配置することにより、基板上に凸形状のプレ形状を形成する方法である。ゾルーゲル法は、テトラアルキルオルソシリケートを用い、加水分解と重縮合によって調製された溶液をプレ形状のパターンに塗布し、乾燥して溶媒を取り除いた後、熱処理を行ないシロキサン結合を完全にすることでシリカガラスによりプレ形状を形成する方法である。ガラス接合法は、別途パターンを形成したガラス基板のパターン面を H F 溶液又は水により最終目的基板表面に接合し、真空中で放置した後、2 5 0 ℃で 1 0 分間又はそれ以上加熱して接合させ、その後その接合したガラス基板を裏面側から研磨してパターンを露出させることにより、そのパターンによりプレ形状を形成する方法である。

金型の表面形状の反転形状を転写する樹脂としては、紫外線硬化型樹脂や熱硬化型樹脂を用いることができる。

【 0 0 1 6 】

その転写用樹脂として紫外線硬化型樹脂を用いる場合には、次のような利点がある。

- ①常温での硬化が可能である。
- ②液体状で塗布できるので、流動性がよく、泡などの発生を防ぐことができる。
- ③紫外光を均一に照射して硬化させることができるので、均一に硬化させることができる。
- ④短時間に硬化させることができる。
- ⑤紫外線硬化型樹脂は、収縮量の小さい樹脂が多く開発され、採用の範囲が広い。
- ⑥「耐プラズマ性を有する分子設計」の自由度が高い。

【 0 0 1 7 】

その結果、紫外線硬化型樹脂を用いると、金型の表面形状をより正確に容易に

転写することができるようになる。

また、その転写用樹脂として熱硬化型樹脂を用いる場合でも、均一に硬化させることによって、紫外線硬化型樹脂と同様に金型や中間金型の表面形状を正確に転写することができる。熱硬化型樹脂としては、プラスチック眼鏡レンズや、コンタクトレンズの製造に使用されている樹脂を用いることができる。そのような熱硬化型樹脂を用いた成型方法は注型法と呼ばれており、金型に液体状の熱硬化型樹脂を流し込み、徐々に加熱して 2 4 時間程度の時間をかけて硬化させる。

【 0 0 1 8 】

金型製作に関し、金型表面の微細形状が 1 mm より大きい寸法であれば、通常市販されている高精度機械加工（NC 旋盤、NC 超精密加工機等）によって加工することも可能である。

また、金型表面の微細形状が 1 mm 以下の寸法であれば、発明者らが提案している方法（特許文献 1 参照。）で製作することができ、あるいは、ガラスや金属材料をリソグラフィーとウエットエッチングにより製作することも可能である。

【 0 0 1 9 】

金型表面の微細形状が $10\ \mu\text{m}$ 以下というようなごく微細な寸法であれば、発明者らが既に提案している方法（特許文献 2 参照。）により、金型母材料に形成されたレジスト（感光性材料）に電子線（EB）又はレーザービームにより所望の形状を描画し現像して微細構造を形成し、その微細構造をドライエッチングにより金型母材料に転写することにより製作することが可能である。

【 0 0 2 0 】

この方法は以下の工程（a）から（c）を含む。

- （a）金型母材料表面上に感光性材料を塗布する工程、
- （b）前記感光性材料に濃度分布マスクを使用して露光し、次いで現像して前記感光性材料に所望形状を形成する工程、及び
- （c）前記感光性材料の形状をドライエッチング法によって前記金型母材料に転写する工程。

このように、レジストの形状をドライエッチング法によって金型母材料に転写するようになれば、軟質材料であるレジストの形状を硬質金型材料に転写できる

。

【0 0 2 1】

また、本発明で使用する金型には中間金型も含むが、中間金型は以下の工程（a）から（e）を含んで製作することができる。

- （a）基になる他の金型の表面に離型処理を施す工程、
- （b）離型処理の施された前記金型の表面と金型母材料の表面との間に硬化可能な樹脂を介して前記金型に金型母材料を押し当て、前記金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写する工程、
- （c）工程（b）における転写後の前記樹脂を硬化させる工程、
- （d）工程（c）で硬化した後の前記樹脂を前記金型母材料に接合させた状態でその樹脂を前記金型から剥離させる工程、及び
- （e）工程（d）の後に前記金型母材料上に存在する前記樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって前記金型母材料に転写する工程。

【0 0 2 2】

ドライエッチング法により金型を製作する場合、金型母材料はドライエッチング可能な材料であることが必要であり、そのような材料として金属材料、ガラス材料、セラミックス材料、プラスチック材料、硬質ゴム材料などを用いることができる。

【0 0 2 3】

硬化型樹脂として紫外線硬化型樹脂を使用し、金型を介して紫外線を樹脂に照射する場合には、金型を形成する材料としては、合成石英や耐熱ガラスなど、耐熱性で、紫外線硬化型樹脂を硬化させるための波長に対して光透過性の性質をもつものが好ましい。耐熱ガラスとしては、パイレックス（登録商標）やネオセラム（登録商標）などを使用することができる。

【0 0 2 4】

金型を製作する際、感光性材料の形状をドライエッチング法によって金型母材料に転写する工程におけるドライエッチング工程で、所望の形状を転写するために、選択比を段階的又は連続的に変化させることが好ましい。このように、選択比を段階的又は連続的に変化させることにより、転写時に所望の形状を得ること

ができるようになる。

【 0 0 2 5 】

金型表面の離型処理の一例は、金型や中間金型の表面に金属薄膜を成膜することであり、その金属薄膜はNi, Cr, Fe, Al, Co, Cu, Mo, Pt, Au, Nb, Tiなどの単一金属又は複合材料からなるものとすることができる。この離型処理により、金型の形状転写性が飛躍的に増し、正確な転写が行なえると同時に、剥離性が容易となり金型や中間金型の寿命が飛躍的に向上する。

【 0 0 2 6 】

離型処理として、さらにその金属薄膜上に微細な構造のフッ素樹脂を含む層によって表面処理を施すことが好ましい。この表面処理はフッ素樹脂を含む層をメッキ方法や蒸着方法によって形成することにより行なうことができる。

金型表面への他の離型処理方法として、金型や中間金型の表面にフッ素官能基を有する有機化合物層を形成する方法も好ましい。

【 0 0 2 7 】

金型表面形状の反転形状を転写する樹脂として紫外線硬化型樹脂を使用する場合、紫外線硬化型樹脂を硬化させる方法として、金型と最終製品材料の2材料のうち少なくとも一方はその紫外線硬化型樹脂を硬化させる波長域の光に対して光透過性である材料を使用する。そして、その紫外線硬化型樹脂の硬化工程では、一方の材料のみが光透過性材料である場合にはその光透過性材料を通して、両方の材料が光透過性材料である場合には一方又は両方の光透過性材を通してその紫外線硬化型樹脂に光照射してその紫外線硬化型樹脂を均一に硬化させるようにするのが好ましい。紫外線硬化型樹脂を均一に硬化させることにより、金型の形状転写性が飛躍的に増し、正確な転写が行なえる。

【 0 0 2 8 】

金型の表面形状の反転形状を転写する樹脂として熱硬化型樹脂を使用する場合、熱硬化型樹脂を硬化させる方法として、金型と最終製品材料を位置決めした状態で固定し、樹脂注入口を別途設けて、その樹脂注入口から熱硬化型樹脂を金型と最終製品材料との間に注入する。熱硬化型樹脂の硬化工程では徐々に加熱しながら熱硬化型樹脂を挟み込んでいる金型と最終製品材料の全体に均一に熱が行き

わたるようにして加熱硬化させるのが望ましい。

【0029】

一般に、樹脂は硬化の際に収縮するものである。そこで、樹脂の収縮量を予め求めておき、その樹脂に形状を転写する金型の製作工程では、その収縮量を見込んで金型の形状が深くなるように補正して加工するのが好ましい。これにより、硬化収縮量の補正が可能となる。

【0030】

離型処理の施された金型の表面に樹脂を介して最終製品材料を押し当てる際、樹脂と最終製品材料表面との間に両者の密着性を向上させるためのシランカップリング剤処理等のプライマー表面処理を施しておくことが好ましい。これにより、剥離工程で金型側から選択的に剥離が行われ、樹脂のクワレ（剥離の際に樹脂の一部が金型に残ること）が急激に減少する。

【0031】

その結果、次工程での形状転写性が向上する。また、金型の表面に樹脂を介して最終製品材料を押し当てる際、金型の表面と最終製品材料との間にギャップ（スペース）を設けることが重要である。このギャップは、樹脂が硬化する際の収縮分を周りから供給する流路として使用することができる。その方法として、金型には、対向して張り合わされる材料面との間に樹脂の収縮に伴う体積減少分を周囲の樹脂から供給するための流路を形成する複数の凸部を目的構造の周囲に形成するのが好ましい。

【0032】

樹脂に転写された形状をドライエッチング法によって最終製品材料に転写する際、最終製品材料に所望の形状を形成するためにそのドライエッチングにおける樹脂と最終製品材料とのエッチングの選択比を段階的又は連続的に変化させることが好ましい。この選択比の調整により形状の補正が可能となり、所望の形状に転写できるようになる。

【0033】

この最終製品材料への転写では、樹脂層の最大厚さを最終製品材料に転写する。最終製品材料にはプレ構造が形成されているため、樹脂層の最大厚さは最

終製品材料の凹凸の高さに比べると小さく、そのために必要なエッチング時間は短かくてすむ。

【0 0 3 4】

【実施例】

（実施例 1）

図 1 に示す対向ファイバー結合光学素子 2 を製作した。この結合光学素子 2 は合成石英材の両面に形成された直径 Φ_0 が約 0.784 mm 、高さ H_0 が $40\text{ }\mu\text{m}$ のレンズで、同心円状に非球面形状を配列したものである。（A）はこの結合光学素子 2 を光源側に配置した状態を示すものであり、光ファイバ 4 a からの光をこの結合光学素子 2 が集光して受ける。（B）はこの結合光学素子 2 を受光側に配置した状態を示すものであり、この結合光学素子 2 で受光した光を集光して光ファイバ 4 b に導く。6 a, 6 b はそれぞれ光ファイバ 4 a, 4 b の先端に配置された石英平板である。

【0 0 3 5】

光通信用光学素子の最終目的構造は合成石英材の両面上にそれぞれ 2 1 0 個（ $=15 \times 14$ ）形成された直径が $0.784\text{ }\mu\text{m}$ のレンズである。その曲率半径は、 1.8897 mm 、高さは $40.0\text{ }\mu\text{m}$ である。

この結合光学素子 2 は図 2 に示されるようなマイクロレンズアレイ 8 として形成されている。図 2 で、（A）は平面図、（B）はその X-X 線位置での断面図である。このマイクロレンズアレイ 8 は、有効レンズ数が 1 2 行 \times 1 3 列 $=$ 1 5 6 個で、レンズ配置のピッチ P が 1.1 mm である。なお、最外周のレンズは、光学性能調整用レンズとして配置しているのみで、実際には使用しない。

【0 0 3 6】

次にこの光学素子の製作手順を示す。

まず、プレ形状を製作した。

図 3 はプレ形状を製作するためのレジストパターンを形成する工程を示したものである。

予め図 2 のレンズ配置に合致する部分を遮光する露光用マスクを用意する。ここで用意するマスクの遮光部分の直径は、最終目的レンズ形状とほぼ同径である

。

【0 0 3 7】

(a) 石英基板 1 0 上に 2 0 0 n m 厚さの C r 金属膜をスパッタリング法で成膜する。さらに、その C r 金属膜上に感光性レジスト材料（東京応化製 O F P R - 5 0 0 0 - 5 0 0）1 4 を 5 μ m の厚さで均一にスピンコーターで塗布し、所定の条件でプリベーク（ホットプレート上で 1 3 0 $^{\circ}$ C \times 1 0 0 秒）した。

【0 0 3 8】

(b) その後、上記マスクで露光した後、現像とリンスを行なった後、オープンでポストベーク（1 5 0 $^{\circ}$ C \times 6 0 分）して、レジストパターン 1 4 を形成した。

。

ついで、そのレジストパターン 1 4 をマスクとして C r 金属膜 1 2 をウエットエッチング液でエッチングしてレジスト部以外の部分を除去した。この際、C r 金属膜 1 2 の断面は、ウエットエッチング時のアンダーカットによって断面が斜めにエッチングされている。

【0 0 3 9】

図 4 はサンドブラスト法によりプレ形状を形成する工程を示したものである。

(a) 上記のようにレジストパターン 1 4 と C r 金属膜パターン 1 2 が形成された石英基板 1 0 上に市販のサンドブラスト装置を使用して粒径（メッシュ # 5 0 0）のサンドブラスト材を垂直方向上方から空気圧を利用しながら吹き付ける。

。

【0 0 4 0】

(b) これによって、石英基板材料 1 0 は物理的な衝撃によってサンドブラスト材料と共に次第に削られていく。ただし、①垂直上方から進入してくるブラスト材料と下方から上方に取り除かれる「ブラスト材料及び石英紛」の衝突が生じる。この現象によって、深く掘られる程に凸部 1 1 の先端部が狭く（細く）なる現象が生じる。また、②基板 1 0 上面のレジスト材料 1 4 は、サンドブラスト材料の衝撃に次第に耐えられず削れて行く。同様に C r 金属膜 1 2 も次第に削れて行く。C r 金属膜 1 2 の断面は、ウエットエッチング時のアンダーカットによって断面が斜めにエッチングされているのでサンドブラストによる削られ方も斜め

に進行し、しかもテーパーが増長されるように斜面が現れる。上記方法によって、形成されるプレ形状は、凸部 1 1 の先端部が直径 0.2 mm の平坦面を有し、基部の直径 Φ_1 が約 0.76 mm、高さ H_1 が約 30 μ m のほぼ球面形状を有する凸アレイ形状の石英基板 1 0 a を得ることができた。この凸部 1 1 は、最終目的のレンズの直径 Φ_0 、高さ H_0 に比べて縮小されたサイズになっている。

サンドブラスト法で製作したプレ構造は、表面が荒れているためそのままでは光学的には使用できない。

【 0 0 4 1 】

金型は図 5 に示す進め方で製作した。

本実施例では凹金型を使用する。その凹金型としてネオセラム製の金型を製作し使用した。以下に製作手順の概要を示す。

まず、本件製品の製作に当たっては、次の進め方で製作した。

(1) 目的高さ：40.0 μ m の 20.5 / 40.0 の高さ (0.5125 倍の縮小構造。すなわち、 $n = 1.951$) の凸形状金型をシリコン基板上に製作することにした。

【 0 0 4 2 】

金型母材料 2 0 として直径が 6 インチ、厚さが 0.625 mm のシリコン基板を用意した。この金型母材料 2 0 の表面上に感光性材料 (レジスト) (東京応化社製：TGMR-950) をスピナーにて、1000 rpm で塗布した。このときのレジスト膜厚は、25.0 μ m であった。次いで、ホットプレート上で 100℃ にてベーク時間 180 秒でプリベークした。

【 0 0 4 3 】

次に予め用意した濃度分布マスク (目的の構造で、かつ高さが 20.5 μ m になるように予め設計している。塗布後のレジスト厚さは、露光・現像。リンス工程を経ると、露光されなかった箇所も膜べりし、膜厚が薄くなる。) を使用してステッパーで 2000 mJ 照射した。

シリコン基板に形状を転写する際は、選択比は 1.2 とする。シリコン基板に形状を転写した後は、高さが 24.6 μ m となった。

【 0 0 4 4 】

(2) 次いで、シリコン基板に形状を転写した後に、別途用意したネオセラム中間材料に金型を転写して凹形状中間金型を得る。この際の、ドライエッチング時の選択比は1.4で転写した（ここで、樹脂の収縮率が4%であるので、シリコン金型の高さ $24.6\ \mu\text{m}$ が樹脂に転写されて $24.6\ \mu\text{m} \times 0.96 = 23.6\ \mu\text{m}$ となり、それが選択比1.4でネオセラム中間材料に転写されるので、転写後の高さは、 $23.6\ \mu\text{m} \times 1.4 = 33.0\ \mu\text{m}$ となる。）。このときの形状は、反転し、凹形状である。

【0045】

(3) 最後に、最終製品材料である石英材料に上記中間金型形状を転写する。この際のドライエッチング時の選択比は1.29で転写した（ここで、樹脂の収縮率が4%であるので、ネオセラム中間金型の高さ $33.0\ \mu\text{m}$ が樹脂に転写されて $33.0\ \mu\text{m} \times 0.96 = 31.7\ \mu\text{m}$ となり、それが選択比1.29で最終製品材料に転写されるので、転写後の高さは、 $31.7\ \mu\text{m} \times 1.29 = 40.9\ \mu\text{m}$ となる。）。このときの形状は、正転して凸形状である（中間金型に対しては、反転している）。

【0046】

図6、図7の(A)から(H)の図を用いて、この光学素子の製作手順をより詳細に説明する。なお、図6、図7では説明簡略化のために、独立のレンズを2個製作する例を示しているが、156個のレンズを製作する場合も事情は全く同一である。

(A) 金型母材料411として直径が6インチ、厚さが0.625mmのシリコン基板を用意した。金型母材料411の上にCr膜414をスパッタリング法で $800\ \text{\AA}$ の厚さに成膜し、フォトリソグラフィー法とエッチングにより、目的光学レンズを形成する領域の周囲のCr膜を円形に沿って部分的に抜いた部分415を、例えば、円形の外周に沿って6点形成する。

【0047】

この部分415が、中間金型から最終製品材料に形状転写する工程での樹脂の流路のためのスペーサとなる。すなわち、この部分415は後で説明する工程(E)の図でのスペーサ用凸部455に対応して、この部分415が周囲よりも高

い凸状態となる。

【0048】

Cr膜414をもつ金型母材料411の表面上に感光性材料（レジスト）（東京応化社製：TGMR—950）をスピナーにて塗布した。このときのレジスト膜厚は、 $25.0\mu\text{m}$ であった。次いで、 100°C にてベーク時間180秒でプリベークした。

【0049】

次に、濃度分布マスク（目的の構造で、かつ高さが $20.5\mu\text{m}$ になるようにあらかじめ設計している）を使用してステッパーで2000mJ照射した。

その後、現像、リンス後、UVハードニング処理を施してレジストパターン412、413を形成した。その状態が図6（A）である。413はシリコン金型から中間金型に形状転写する工程での樹脂の流路確保用のスペーサのためのレジストパターンである。目的の光学素子用レジストパターン412（ $1/n$ に縮小）の高さは、その流路確保用スペーサのためのレジストパターン413よりも $0.2\mu\text{m}$ ほど低くなっている。

【0050】

（B）次に、そのレジストパターン412、413及びCr膜パターン414をドライエッチング法によって金型母材料411に転写した。このときのドライエッチングは、TCP（誘導結合型プラズマ）エッチング装置を用い、 CHF_3 ：5.0sccm、 CF_4 ：10.0sccmのガスを導入しながら、基盤バイアス電圧：500W、上部電極パワー：1250W、真空度 $1.5\times 10^{-3}\text{Torr}$ （すなわち 1.5mTorr ）で21分間エッチングを行なった。このときのエッチング速度は、 $0.8\mu\text{m}/\text{分}$ であった。僅かにオーバーエッチングで終了させた。エッチングの選択比（金型母材料であるシリコンのエッチング速度／レジストのエッチング速度）は1.4で、エッチング後の光学レンズ部422の高さは $28.7\mu\text{m}(=20.5\times 1.4)$ であった。表面粗さは、 $R_a=0.001\mu\text{m}$ 以下で良好であった。この形状高さは、次工程での樹脂の収縮を見込んでいない。ここでは、次工程での樹脂用流路を確保するために、マスク露光の際に光学レンズ部422の外周側にシリコン金型411aに凸形状のスペーサ423を形

成し、十分な樹脂流路を確保したためである。

【0051】

425はシリコン金型411aに形成された凹部であり、工程(A)でCr膜が除去されていた部分415に該当している。凹部425は最下点部となっており、(シリコン/レジスト)の選択比よりも(シリコン/Cr膜)の選択比の方が大きいので、その凹部425はCr膜厚さ：800Åの約3倍の0.2μm程度に深くエッチングされている。

【0052】

このときのシリコン金型411aの光学レンズ部422の形状は、露光上がりのレジストパターン412の形状と同様の形状であった。

このシリコン金型411aの表面を離型処理するために、実施例1と同様にフッ素官能基を有するトリアジンチオール有機化合物を1000Å成膜して表面処理した。

【0053】

(C) 次に、離型処理したシリコン金型411aを光学レンズ部422が形成された面が上側を向くようにセットして、この上に紫外線硬化型樹脂としてアクリル系樹脂434(大日本インキ社製：GRANDIC RC-8720)を3cc塗布した。

【0054】

このシリコン金型411aを専用の接合機にセットし、予め別の工程でシランカップリング処理(密着性向上処理)を施した、平板状中間材料431(日本板硝子製：ネオセラム(登録商標))の平面をゆっくりと押し当てる。このとき、紫外線硬化型樹脂434の中に泡が発生しないように降下速度を制御した自動接合機で接合した。

【0055】

次に、シリコン金型411a側からゆっくりと中間材料431側に押し上げて、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂434を基板外周部から除去した。

更に、中間材料431の裏面側から均一な紫外線光を4000mJ照射して紫外線硬化型樹脂層434を硬化させた。紫外線照射は、光学素子中心部分から行

なった。このとき、樹脂 434 は体積収縮するが、スペーサ 423 で中間材料 431 が押えられている（下方に低下するのを防いでいる）ため、樹脂収縮による体積減少を周りの樹脂が補うように移動する。したがって、体積の収縮、高さの差は生じない。硬化後の紫外線硬化型樹脂層 434 の厚さは、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下であった。紫外線硬化型樹脂層 434 の最大厚さは、「パターン深さ 28.7」+「トップ層間隔 0.1」= $28.8\ \mu\text{m}$ である。

【0056】

(D) 次に、紫外線硬化型樹脂層 434 を中間材料 431 に接合したままシリコン金型 411a 表面から剥離するために、治具を使って、剛性の低いシリコン基板（シリコン金型 411a）をやや凸形状に変形させながら剥離させた。シリコン金型 411a を樹脂 434 から剥がすと、中間材料 431 上に残った樹脂 434 にシリコン金型 411a の表面形状が反転して転写されている。シリコン金型の光学レンズ部 422 は凹部 442 となり、シリコン金型の凹部 425 はスペーサ用凸部 445 となっている。

【0057】

中間材料 431 表面上の樹脂層 434 の転写形状を測定したところ、光学素子部 442 の深さ（凹形状）は、 $27.6\ \mu\text{m}$ に小さくなっていた。これは、樹脂層 434 が硬化収縮した為であった（ここで、樹脂の収縮率が 4% であるので、 $28.7\ \mu\text{m} \times 0.96 = 27.6\ \mu\text{m}$ である。）。

【0058】

(E) 次に中間材料 431 上の樹脂層 434 の形状を上記と同様にドライエッチング法により中間材料 431 に転写した。ドライエッチング条件は、TCP エッチング装置を用い、 CHF_3 : 15.0 sccm、 CF_4 : 15.0 sccm、 Ar : 10.0 sccm のガスを導入しながら基盤バイアス電圧: 500W、上部電極パワー: 1250W、真空度 $1.5 \times 10^{-3}\text{Torr}$ （すなわち 1.5mTorr ）で、51 分間エッチングを行なった。この時のエッチング速度は $0.80\ \mu\text{m}/\text{分}$ であった。

【0059】

エッチングの後半では CHF_3 ガス量を 4.0 sccm 増加させて選択比を若干

大きくしてエッチングした。選択比を段階的に変更することによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比は平均で1.5であり、エッチング後の形状の高さは、 $40.0\text{ }\mu\text{m}$ であった。表面粗さは、 $Ra=0.001\text{ }\mu\text{m}$ 以下で良好であった。

【0060】

これにより、レンズ用凹部452と、次の形状転写工程の際に樹脂の流路を確保するスペーサ用凸部455とを備えた中間金型431aが得られた。このときの中間金型431aの形状は、シリコン金型411aに比較して、ピッチが一定で、高さだけが1.95倍（ $40.0\text{ }\mu\text{m}/20.5\text{ }\mu\text{m}$ ）になっていた。

【0061】

この中間金型431aの表面を離型処理するために、中間金型431aの表面をフッ素官能基を有するトリアジンチオール有機化合物で表面処理した。これは、有機鍍金法と言われる方法で行なった。具体的には、フッ素化SFTTの末端機に-OH基を有する化合物を溶媒に溶かした溶液中で電解重合処理して、中間金型431a表面にフッ素系の有機薄膜を形成した。この条件で1000Å成膜した。中間金型431aのネオセラムと石英は、材料の主成分がともにSiO₂であるため、同様の離型処理で対応可能である。

【0062】

(F) 次に、離型処理した中間金型431aを、その形状を持つ面が上側を向くようにおき、その上に紫外線硬化型樹脂464としてアクリル系樹脂（大日本インキ社製：GRANDIC RC-8720）を3cc塗布した。紫外線硬化型樹脂464はレンズ部に多めに塗布する。

【0063】

この中間金型431aを専用の接合機にセットし、その樹脂の上から、図3で説明したようにプレ構造を形成し別の工程でシランカップリング処理（密着性向上処理）を施した最終製品用の石英材料基板（信越石英社製：合成石英）461をゆっくりと押し当てる。このとき、紫外線硬化型樹脂464の中に泡が発生しないように降下速度を制御した自動接合機で接合した。これにより、中間金型431aと平面基板461間に紫外線硬化型樹脂464が挟持された状態となる。

【0064】

次に、中間金型 431a 側からゆっくりと最終製品材料（石英）461 側に押し上げて、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂 464 を基板外周部から除去した。

次に、最終製品材料 461 の裏面側から均一な紫外線光を 3000 mJ 照射して紫外線硬化型樹脂層 464 を硬化させた。この場合も紫外線照射は、光学素子中心部分から行なう。このとき、樹脂 464 は体積収縮するが、スペーサ 455 で最終製品材料 461 が押えられている（下方に低下するのを防いでいる）ため、樹脂収縮による体積減少を周りの樹脂が補うように移動する（図ではスペーサ 455 が樹脂を密封しているように見えるが、スペーサ 455 は部分的にのみ形成されており、樹脂は移動が可能な構造となっている。したがって、体積の収縮、高さの差は生じない。

硬化後の紫外線硬化型樹脂層 464 の厚さ（光学素子部以外の部分）は、 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 以下であった。紫外線硬化型樹脂層 464 の最大厚さは、「パターン深さ 38.4」+「トップ層間隔 0.1」= $38.5\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0065】

(G) 次に、紫外線硬化型樹脂層 464 を最終製品材料 461 に接合したまま中間金型 431a の表面から剥離するために、治具を使って剥離させた。

最終製品材料 461 表面上の樹脂層 464 の形状を測定したところ、光学素子部の高さ（凸形状）は、 $9.8\text{ }\mu\text{m}$ に小さくなっていた。

【0066】

(H) 次に最終製品材料 461 上の樹脂層 464 の形状を上記と同様にドライエッチング法により最終製品材料 461 に転写した。ドライエッチング条件は、TCP エッチング装置を用い、 CHF_3 : 10.0 sccm 、 CF_4 : 24 sccm 、 Ar : 5.0 sccm のガスを導入しながら、基盤バイアス電圧: 500 W 、上部電極パワー: 1250 W 、真空度 $1.5 \times 10^{-3}\text{ Torr}$ （すなわち 1.5 mTorr ）で 13.5 分間エッチングを行なった。この時のエッチング速度は、 $0.78\text{ }\mu\text{m}/\text{分}$ であった。

【0067】

エッチングの後半ではオートプレッシャーコントローラ (APC) 装置を使用し、全圧力を 3 mTorr から 1.0 mTorr まで連続して低下させて選択比を経時的に大きくしてエッチングした。選択比を段階的に変更することによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比は平均で 1.04 であり、エッチング後の形状の高さは、 $40.0\ \mu\text{m}$ であった。表面粗さは、 $Ra = 0.001\ \mu\text{m}$ 以下で良好であった。

【0068】

このようにして図 1, 2 に示した光学素子 2 が基板の片面に形成される。

他方の面の光学素子 2 は、一方の面の光学素子 2 が形成された後、その形成済みの光学素子 2 を治具やマスクで保護した状態で、基板の他方の面に上記と同じ手順により光学素子 2 を形成する。

このとき、両面の光学素子 2, 2 の位置決めは、予め設けた位置決めマークを基づいて行なう。

【0069】

(実施例 2)

実施例 1 と同様に、図 1, 2 に示す対向ファイバー結合素子を製作した。

【0070】

この実施例では、プレ形状を図 9 の方法により製作した。以下に、まずプレ形状の製作方法を説明する。

(a) 予め図 2 のレンズ配置に合致する部分を遮光する露光用マスクを用意する。ここで用意するマスクの遮光部分の直径は、最終目的レンズ形状の目的形状とほぼ同径である。

【0071】

石英基板 10 上に感光性レジスト材料 (東京応化製 OFPR-5000-500) 14 を $5\ \mu\text{m}$ の厚さで均一にスピンコーターで塗布し、所定の条件でプリベーク (ホットプレート上で $130^\circ\text{C} \times 100$ 秒) した。

その後、上記マスクを使用して露光した後、現像とリンスを行なってレジストパターン 14 を形成した後、オープンでポストベーク ($150^\circ\text{C} \times 60$ 分) した。

。

次いで、石英基板 10 を専用治具に固定する。この固定の目的は、①専用装置でエッチングするためと、②石英基板 10 の裏面保護のためである。

【0072】

(b) 次いで、専用のウェットエッチング装置でエッチング (HF) 液で石英基板 10 をウェットエッチングしてレジスト部 14 以外の部分をエッチングした。このウェットエッチング装置では、石英基板 10 は、回転機構により回転させられ、②エッチング液は一定濃度に濃度管理され、十分な流速を有するノズルから噴射される。

【0073】

このエッチングによりプレ形状基板 10 a が得られるが、そのプレ形状基板 10 a のエッチングされた部分の断面は、図 9 (b) に示すように、エッチングによるアンダーカットによってできる斜面と、十分攪拌されていたことによる底面の平坦面とから構成されている。

【0074】

上記方法によって、形成されるプレ形状基板 10 a は、先端部が直径 0.2 mm の平坦面を有し、基端部が直径約 0.5 mm、高さが約 30 μ m の概略球面形状を有するアンダーカット形状の凸アレイ形状のものを得ることができた。ただし、実施例 1 のサンドブラスト法で製作したプレ構造よりもアンダーカット量の分だけ目的形状からは外れている。また、表面が荒れているため、そのままでは光学的には使用できない。

金型は実施例 1 で使用したのと同じ金型を使用した。

【0075】

光学素子の最終製作手順は、実施例 1 と同様に、図 8 に示された手順で行なった。

(a) 紫外線硬化型樹脂 30 としては、実施例 1 と同様にアクリル系樹脂 (大日本インキ社製: GRANDIC RC-8720) を 3 cc 塗布した。

【0076】

(b) 紫外線硬化型樹脂 30 の硬化工程では、これも実施例 1 と同様に、石英材料 10 a の裏面側から均一な紫外線光を 5 分かけて 3000 mJ (300 秒×

10 mW) 照射して紫外線硬化型樹脂層 30 を硬化させた。

硬化後の紫外線硬化型樹脂層 30 の 3 次元構造のトップ位置での厚さ、すなわち紫外線硬化型樹脂層 30 の 3 次元構造のトップと石英材料 10 a 間の距離は、約 $10\ \mu\text{m}$ であった。またこのときの紫外線硬化型樹脂層 30 の 3 次元構造の斜面での厚さ、すなわち紫外線硬化型樹脂層 30 の 3 次元構造の斜面と石英材料 10 a の凸部との距離は最大値で約 $12.2\ \mu\text{m}$ であった。したがって、紫外線硬化型樹脂層 30 の最も厚い部分は、プレ構造石英材料 10 a の斜面部分 (約 $12\ \mu\text{m}$) である。

【0077】

(c) 次に、紫外線硬化型樹脂層 30 を石英材料 10 a に接合したまま金型 20 a の表面から剥離するために、治具を使って、剛性の低いシリコン金型 20 a をやや凸形状に変形させながら剥離させた。

次に、石英材料表面上の樹脂層 30 の転写形状を測定したところ、光学素子部の高さ (凸形状) は、 $11.60\ \mu\text{m}$ に小さくなっていた。これは、樹脂層 30 が硬化収縮した為であり、その硬化収縮率は平均で約 5 % であった。ゆっくりと長時間照射したことにより収縮率が低減できた。このときの高さを光学式 (非接触) 形状測定機で正確に測定し、後の (d) 工程での選択比、及びエッチング条件 (経時的な選択比の変更) を適切に設定することが重要である。しかし、実施例 1 に比較して、斜面部分の樹脂が収縮したことにより目的形状とのズレ量が大きくなった。

【0078】

(d) 次に石英材料 10 a 上の樹脂 30 の転写形状を、実施例 1 と同様にドライエッチング法により石英材料 10 a に転写して最終製品を得た。そのドライエッチング条件は、TCP エッチング装置を用い、 CHF_3 : $12.0\ \text{sccm}$ 、 CF_4 : $4\ \text{sccm}$ のガスを導入しながら基板バイアス電圧: $500\ \text{W}$ 、上部電極パワー: $1250\ \text{W}$ 、真空度 $1.0 \times 10^{-3}\ \text{Torr}$ (すなわち $1.0\ \text{mTorr}$) で 30.0 分間エッチングを行なった。この時のエッチング深さは、 $13\ \mu\text{m}$ で、エッチング速度は、 $0.43\ \mu\text{m}/\text{分}$ の条件でゆっくり加工した。

【0079】

エッチングの後半では CHF_3 ガス量を 2.0 sccm 増加させて選択比を若干大きくしてエッチングした。選択比を4段階的に変更することによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比（石英材料のエッチング速度／樹脂層のエッチング速度）は平均で 1.05 であり、エッチング後の最終製品の表面形状の高さは、 $40.0 \mu\text{m}$ であった。表面粗さ（ R_a ）は、 $R_a = 0.001 \mu\text{m}$ 以下で良好であった。尚、光学面は非球面形状を有していた。

【0080】

このときの最終製品の形状は、樹脂転写後の形状に比較して、ピッチが一定で、高さだけが 1.05 倍になっていた。目標形状が達成できた。

実施例1と同様に、基板10の両面に上記の工程を繰り返して光学素子を形成することにより、図1、2に示された最終製品を得た。

【0081】

（実施例3）

以下に、図8を参照して光学素子の最終製作手順を示す。

プレ形状製作方法として、ドライエッチング法を用いて粗加工を行ない初めに概略形状を製作した。概略形状は、予め濃度分布マスクを本実施例用に設計したマスクを用いた。具体的には、感光性材料（東京応化社製レジスト：TGMR-950）を $25 \mu\text{m}$ 塗布し、上記マスクを使用して露光し、現像、リンスを行なった。ポストバークの後、ドライエッチングによって平均選択比を 1.47 に設定して加工した。こうして、最終製品材料である石英基板に形状を転写した。このときの最終高さは、約 $30.1 \mu\text{m}$ であった。

【0082】

上記の方法で製作したプレ形状基板10aと、実施例1で製作した金型20aを使用する。

（a）離型処理した凹金型20aを下にセットして、この上に紫外線硬化型樹脂30としてアクリル系樹脂（大日本インキ社製：GRANDIC RC-8720）を 3 cc 塗布した。

【0083】

（b）この金型20aを専用の接合機にセットし、予め別の工程でシランカッ

プリング処理（密着性向上処理）を施したプレ構造材料（最終製品材料）の凸基板（信越石英社製：合成石英）10aをゆっくりと上方向から押し当てる。この時、紫外線硬化型樹脂30の中に泡が発生しないように降下速度を制御した自動接合機で接合した。また、予めプレ構造製作石英基板10aとシリコン製金型20aの表面には、お互いに反対の形状を有するトンボパターンを金属膜で形成しておく。基板10aを上方向から押し当てる際に、トンボパターンを確認しながら位置合わせを行ない、ゆっくりと降下させる。

次に、金型20a側からゆっくりと石英材料10a側に押し上げて、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂30を基板外周部から除去した。

【0084】

次に、石英材料10aの裏面側から均一な紫外線光を5分かけて3000mJ（300秒×10mW）照射して紫外線硬化型樹脂層30を硬化させた。このときの紫外線硬化型樹脂層30の3次元構造のトップ位置での厚さ、すなわち紫外線硬化型樹脂層30の3次元構造のトップと石英材料10a間の距離は、約10 μ mであった。またこのときの紫外線硬化型樹脂層30の3次元構造の斜面での厚さ、すなわち紫外線硬化型樹脂層30の3次元構造の斜面と石英材料10aの凸部との距離は最大値で約9.0 μ mであった。したがって、紫外線硬化型樹脂層30の最も厚い部分は、プレ構造石英材料10aのトップの部分（約10 μ m）である。

【0085】

（c）次に、紫外線硬化型樹脂層30を石英材料10aに接合したまま金型20aの表面から剥離するために、治具を使って、剛性の低いシリコン金型20aをやや凸形状に変形させながら剥離させた。

次に、石英材料10a表面上の樹脂層30の転写形状を測定したところ、光学素子部の高さ（凸形状）は、9.60 μ mに小さくなっていた。これは、樹脂層30が硬化収縮した為であり、その硬化収縮率は平均で約4%であった。ゆっくりと長時間照射したことにより収縮率が低減できた。このときの高さを光学式（非接触）形状測定機で正確に測定し、後の（a）工程でのドライエッチング選択比、及びエッチング条件（経時的な選択比の変更）を適切に設定することが重要

である。

【0086】

(d) 次に石英材料 10a 上の樹脂 30 の転写形状をドライエッチング法により石英材料に転写して最終製品を得た。そのドライエッチング条件は、TCP エッチング装置を用い、 CHF_3 : 12.0 sccm、 CF_4 : 4 sccm のガスを導入しながら基板バイアス電圧: 500W、上部電極パワー: 1250W、真空度 $1.0 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ (すなわち 1.0 mTorr) で 25.0 分間エッチングを行なった。この時のエッチング深さは、 $11 \mu\text{m}$ で、エッチング速度は、 $0.44 \mu\text{m}/\text{分}$ の条件でゆっくり加工した。

【0087】

エッチングの後半では、APC 装置を使用し、全圧力を 3 mTorr から 1.0 mTorr まで連続して低下させて経時的に大きくしてエッチングした。選択比を 3 段階的に変化させることによって、転写時に所望の形状を得ることができた。エッチングの選択比 (石英材料 10a のエッチング速度 / 樹脂層 30 のエッチング速度) は平均で 1.05 であり、エッチング後の最終製品の表面形状の高さは、 $40.0 \mu\text{m}$ であった。表面粗さ (Ra) は、 $Ra = 0.001 \mu\text{m}$ 以下で良好であった。尚、光学面は非球面形状を有していた。

このときの最終製品の形状は、樹脂 30 への転写後の形状に比較して、ピッチが一定で、高さだけが 1.05 倍になっていた。目標形状が達成できた。

【0088】

このようにして図 1, 2 に示した光学素子 2 が基板の片面に形成される。

他方の面の光学素子 2 は、一方の面の光学素子 2 が形成された後、その形成済みの光学素子 2 を治具やマスクで保護した状態で、基板の他方の面に上記と同じ手順により光学素子 2 を形成する。

このとき、両面の光学素子 2, 2 の位置決めは、予め設けた位置決めマークに基づいて行なう。

【0089】

【発明の効果】

本発明では、表面に微細形状をもつ金型の表面に離型処理を施し、その金型表

面に硬化可能な樹脂を介してプレ構造をもち最終材料を押し当てて、金型の表面形状の反転形状をその樹脂に転写し、その樹脂を硬化させ、最終製品材料に形状をドライエッチング法により転写することにより、微細表面構造をもつ物品を製造するようにしたので、プレ構造により予め凹凸を形成し手おくことにより、ドライエッチング工程で微細構造の高さを高くすることが容易になり、所望の高さをもつ微細構造（高精度の表面 3 次元構造）を高精度に、大量に生産可能となった。

また、金型に離型処理を施すことにより、金型の寿命をより長くすることができようになった。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明により製造される光学素子の一例を示す要部断面図であり、(A) は光源側、(B) は受光側を表わす。

【図 2】

(A) は同光学素子の平面図、(B) はその X—X 線位置での断面図である。

【図 3】

一実施例においてプレ構造を形成するためのフォトリソグラフィー工程を示す工程断面図である。

【図 4】

同実施例においてプレ構造を形成するためのサンドブラスト工程を示す工程断面図である。

【図 5】

同実施例において金型を形成する工程を示す工程断面図である。

【図 6】

同実施例の前半部を示す工程フロー断面図である。

【図 7】

同実施例の後半部を示す工程フロー断面図である。

【図 8】

同実施例において最終製品を製作する工程を示す工程断面図である。

【図 9】

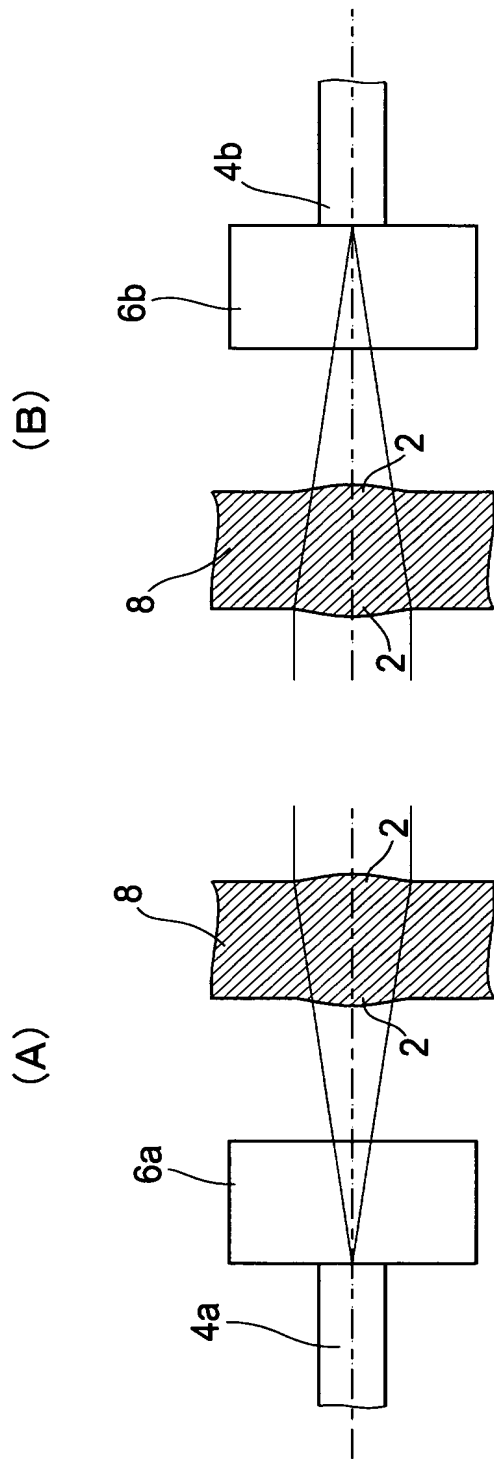
他の実施例においてプレ構造を形成するためのウェットエッチング工程を示す工程断面図である。

【符号の説明】

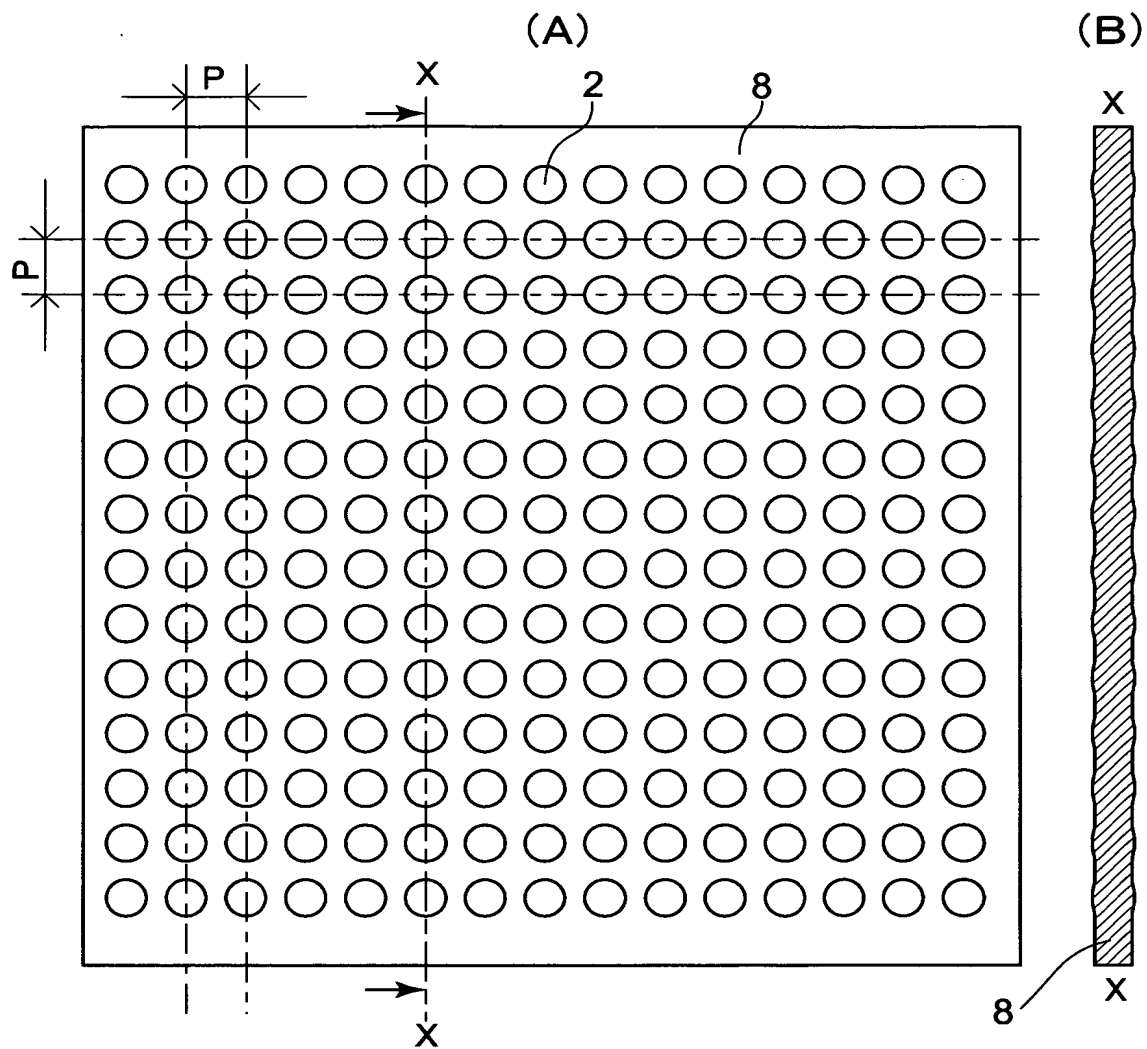
- 2 対向ファイバー結合光学素子
- 8 マイクロレンズアレイ
- 10 石英基板
- 10a プレ構造基板
- 12 Cr 金属膜
- 14, 22 感光性レジスト材料
- 20 金型母材料
- 20a 金型
- 30, 434, 464 紫外線硬化型樹脂
- 411 金型母材料（シリコン基板）
- 431a 中間金型

【書類名】 図面

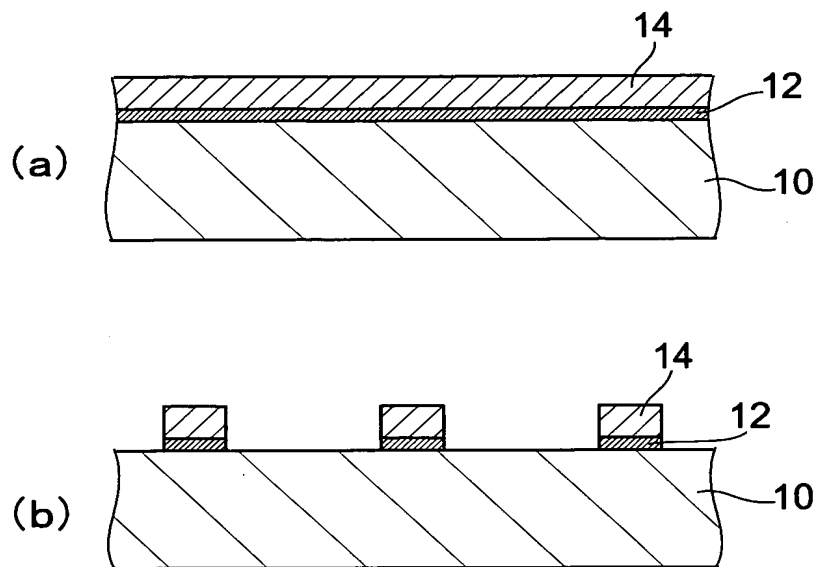
【図 1】



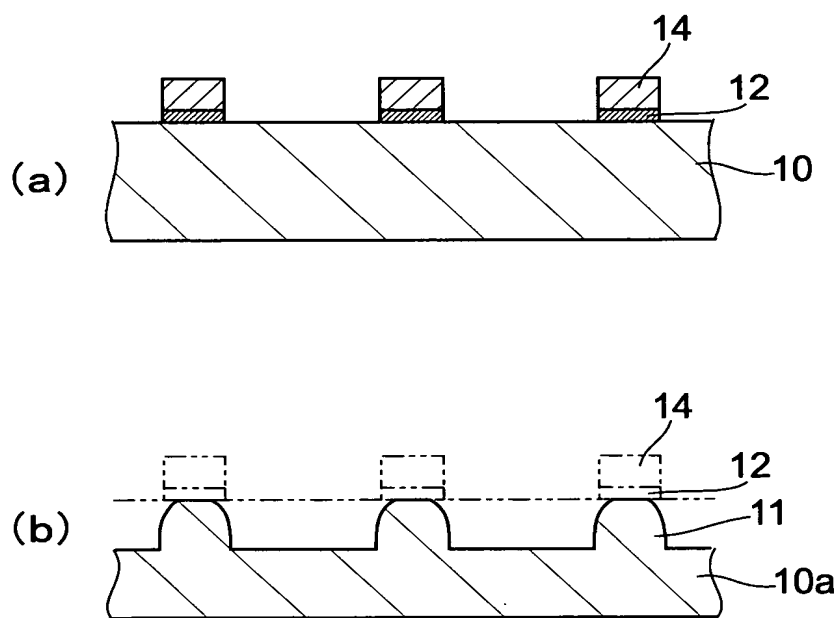
【図 2】



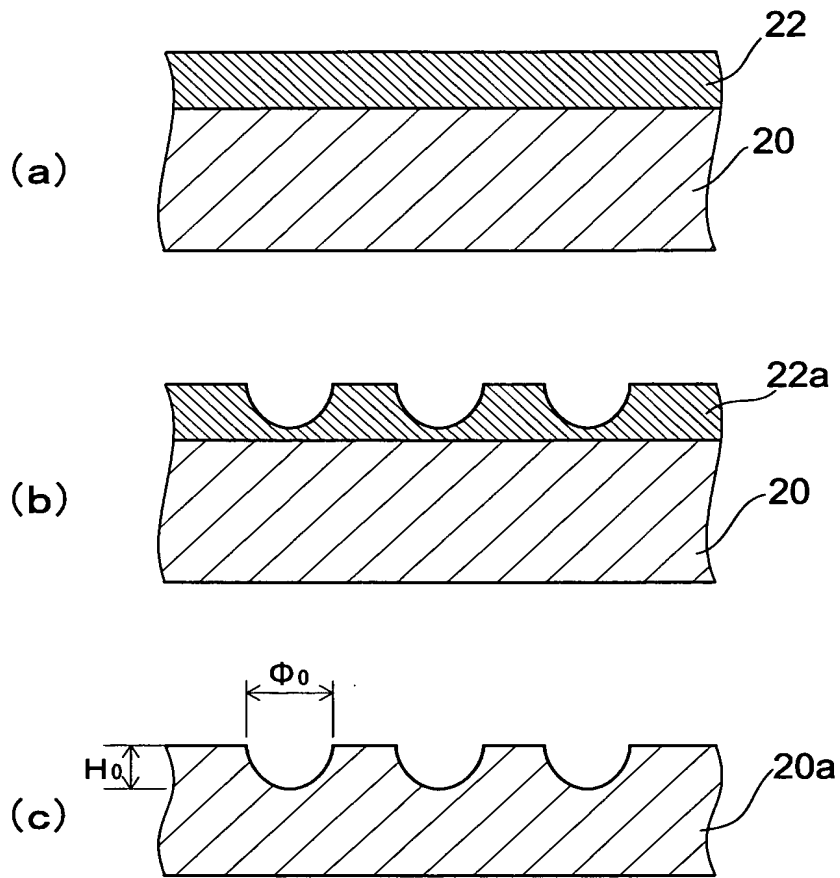
【図 3】



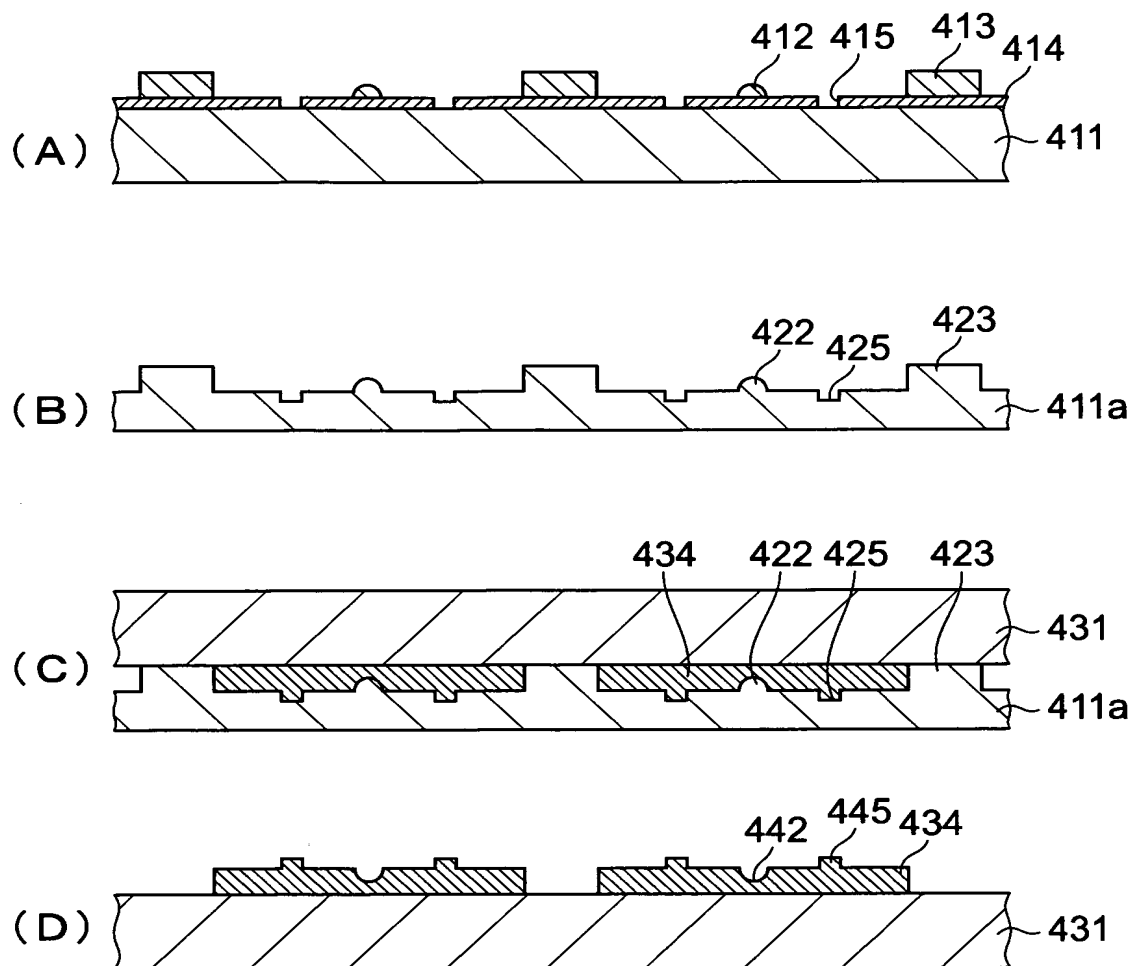
【図 4】



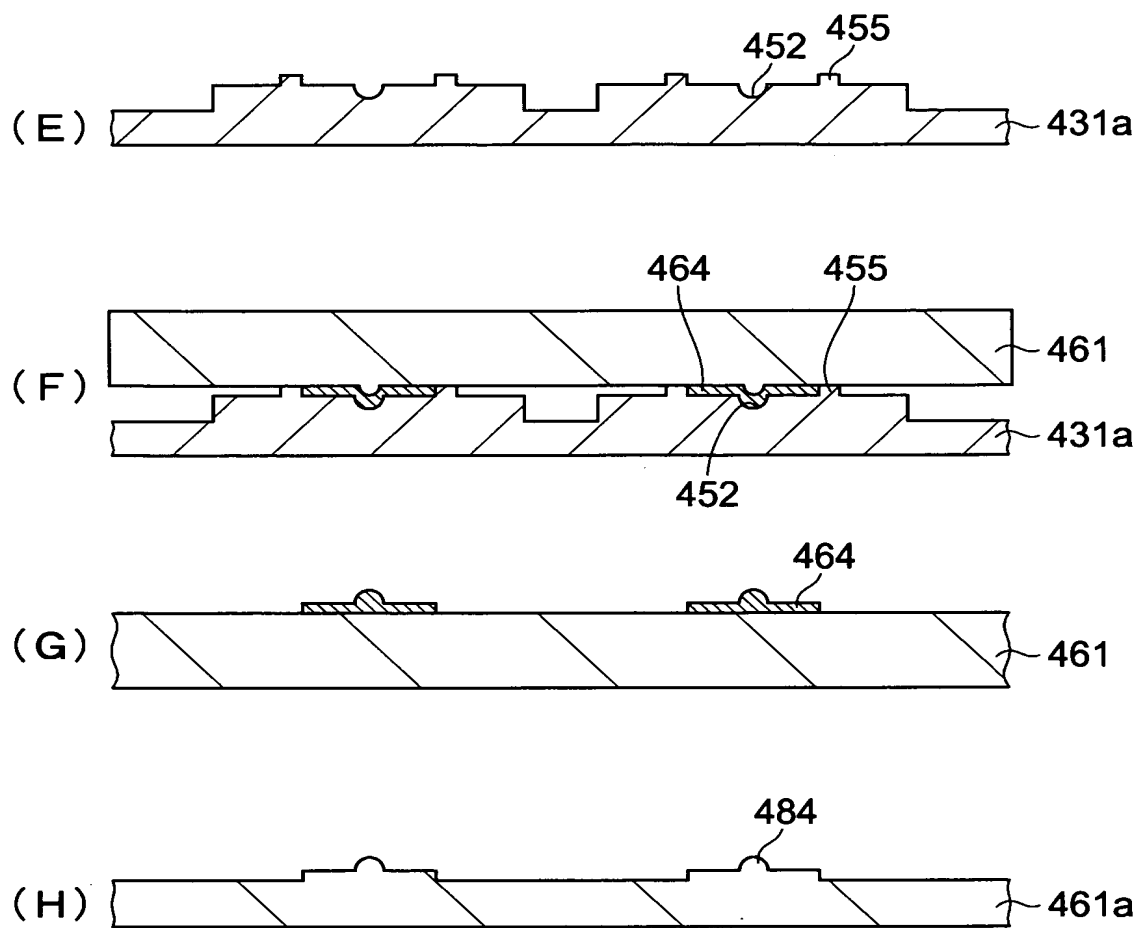
【図 5】



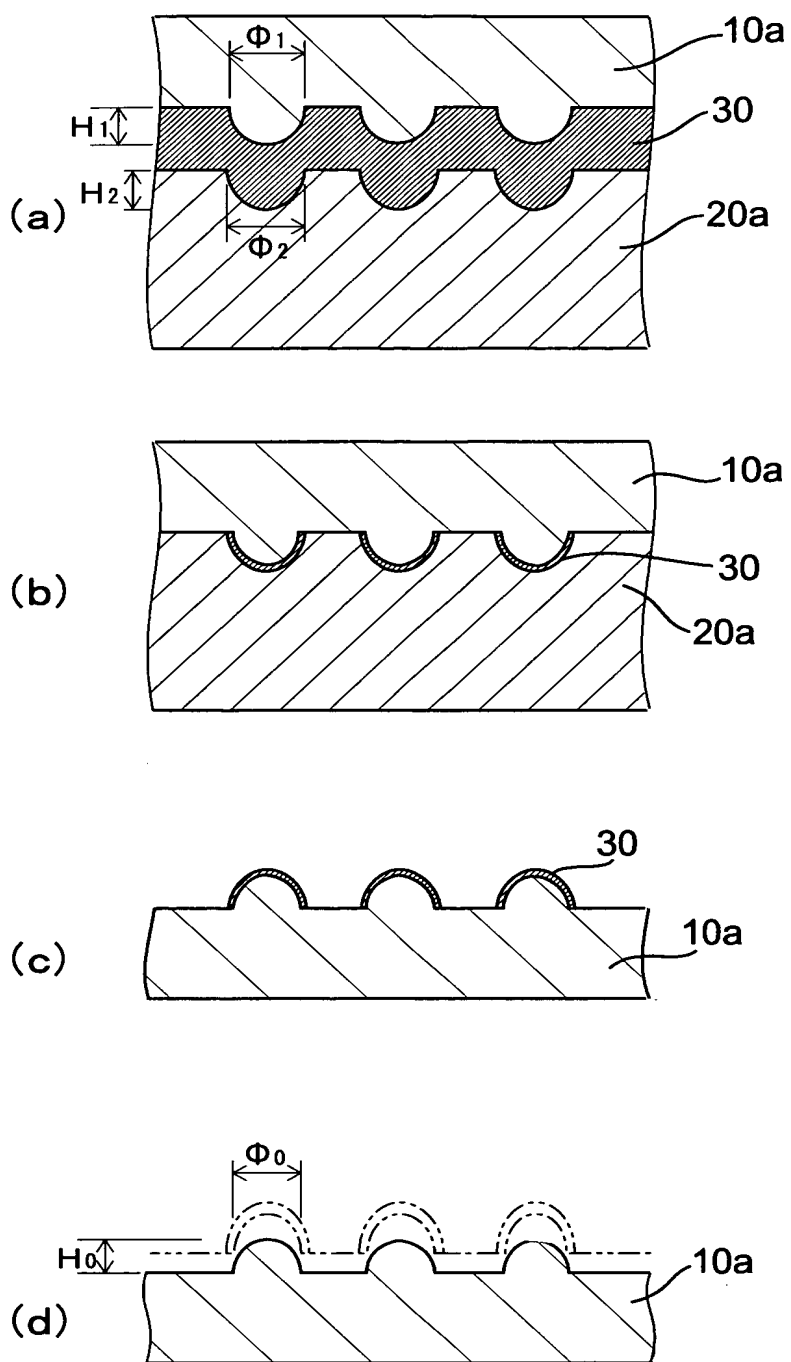
【図 6】



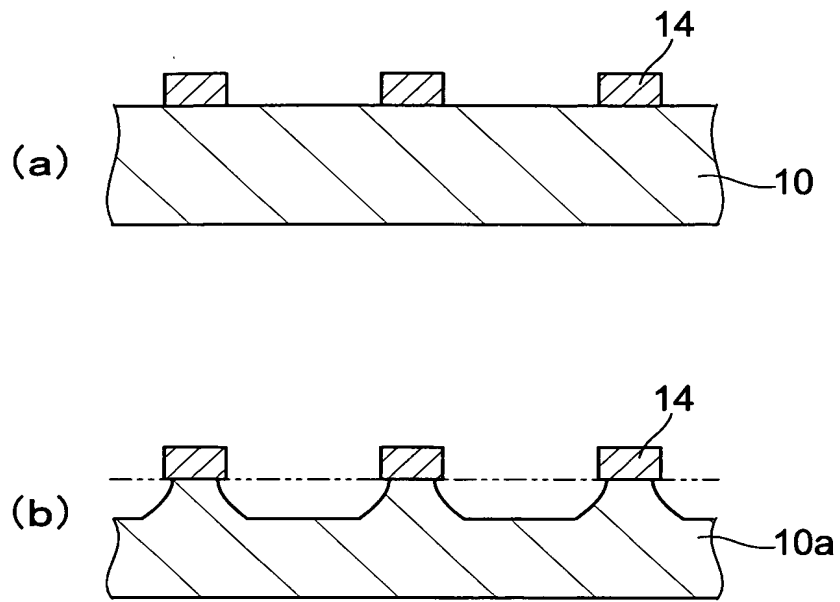
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 三次元構造物の高さを高くすることを容易にする。

【解決手段】 離型処理した凹金型 2 0 a を下にセットして、この上に紫外線硬化型樹脂 3 0 としてアクリル系樹脂を塗布し、その上から予め別の工程でシランカップリング処理を施したプレ構造材料の凸基板 1 0 a を押し当て、形状転写時に余分となる紫外線硬化型樹脂 3 0 を基板外周部から除去した。均一な紫外線光を照射して紫外線硬化型樹脂層 3 0 を硬化させ、金型 2 0 a を剥離させた後、樹脂 3 0 の転写形状をドライエッチング法により石英材料 1 0 a に転写して最終製品を得た。

【選択図】 図 6

特願 2 0 0 3 - 1 5 6 0 9 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 1 5 7 2 8]

1 . 変 更 年 月 日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変 更 理 由]

新 規 登 録

住 所

岩 手 県 花 巻 市 大 畑 第 十 地 割 1 0 9 番 地

氏 名

リ コ ー 光 学 株 式 会 社